

Kullman L. Recent tree-limit history of *Picea abies* in the southern Swedish Scandes [Text]/ L. Kullman // Ca. J. For. Res. 1986. №16. P. 761 – 771.

УДК 630*528

Т. И. Берестова

(Брянская государственная инженерно-технологическая академия, Брянск),

Ю. А. Серов

(Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург)

МОНИТОРИНГ ЛЕСОВ ЗЕЛЕННЫХ ЗОН НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ АЭРО- И СКАНЕРНОЙ СЪЕМКИ И 3D – МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрены возможности использования цифровой фотограмметрической системы Photomod. Предложены методические приемы интегрированного анализа дистанционных данных и картографической информации.

За последние два десятилетия в лесном хозяйстве России сформировалась методология использования дистанционных методов. Это системный подход, основанный на сочетании различных уровней сбора информации, средств и методов ее получения и обработки. Чаще всего включается трехступенчатый сбор данных с помощью спутниковых систем, авиационных носителей и наземных обследований. Основным методом признается интеграция дистанционных данных и информационных технологий в интересах повышения их эффективности в государственном управлении лесами и при учете и ведении лесоустройства. Интеграция рассматривается как комплексный совместный анализ различных информационных источников – сочетание разноуровневых методов сбора данных, а также сочетание модулей компьютерных программ. Все это предполагает использование ГИС-технологий. ГИС связывает пространственную, геометрическую информацию и описательную, тематическую, числовую. Методы апробируются опытным путем на новых материалах съемки.

Для картографирования и оценки современного состояния лесов используются снимки со спутников Quick-Bird II и IKONOS с пространственным разрешением 0,6 – 1 м. Высокое пространственное разрешение космических снимков позволяет использовать прямые дешифровочные признаки. Автоматическая классификация снимков выполняется в среде ГИС ERDAS 8.4 и модуле Image Analysis к Arc/View 3.2, что повышает объективность и детальность дешифрирования. При таком методе могут вкрасться ошибки дешифрирования, так как в меньшей степени представлено измерительное дешифрирование.

Поэтому в работах по оценке состояния и динамики изменения окружающей среды, лесов необходимо опираться на комплекс методов визуального и автоматического дешифрирования. Для этих целей нами предлагается цифровая фотограмметрическая система Photomod. Выполнение работ осуществляется поэтапно и включает:

- компьютерную обработку дистанционной информации;
- комплексный анализ в среде ГИС Photomod дистанционной, таксационной и картографической лесоустроительной информации, данные полевых наземных обследований;
- визуализацию результатов интегрированного анализа информационных источников в виде карт.

С этой целью незаменимым источником информации для решения практических задач лесного хозяйства и обновления материалов лесоустройства остаются аэроснимки. Материалы цифровой аэросъемки обладают рядом несомненных достоинств, среди которых возможность получать изображения хорошего разрешения и оперативно включать их в компьютерную обработку. В процессе дешифрирования аэросъемочные изображения могут совмещаться с топографическими и тематическими картами, планово-картографическими планами лесоустройства, таксационными базами данных, материалами наземных наблюдений. Поэтому интерпретация материалов аэрофотосъемки в среде ГИС приобретает характер комплексного интегрированного анализа данных. Опыт использования аэроизображений для ведения мониторинга лесов особого природоохранного значения рассматривается на примере Уральского учебно-опытного лесхоза Уральского государственного лесотехнического университета (Студенческое лесничество кв.5,6,7,8 и т.д.) и Учебно-опытного лесхоза БГИТА (Брянской государственной инженерно-технологической академии, Опытного лесничества кв.6,7).

Методика автоматизированного дешифрирования аэро- и космических снимков предусматривает подготовку картографической базы данных и создание атрибутивных таблиц с оценкой точности.

На этапе формирования полигональных покрытий, оцифровки плановых материалов лесоустройства, редактирования векторной информации намечают систему опорных точек триангуляции для координатной привязки плана картографических материалов лесоустройства.

В системе цифровой фотограмметрии для получения изображения на дисплее компьютера в программе Photomod осуществляется внутреннее ориентирование аэроснимков каждой стереопары, для чего в цифровую базу данных вводятся координаты главной точки снимка $O(x, y)$ и f – фокусное расстояние аэрокамеры или вводятся данные дисторсии объектива. После этого вводятся опорные точки с их геодезическими координатами. Следующим этапом является взаимное ориентирование аэроснимков в модуле Desktop. Положение и ориентирование координат опорных точек в

модуле Desktop. Положение и ориентирование координат опорных точек в геодезической системе осуществляется определением трех пространственных координат X, Y, Z и трех углов α, ω, χ . Такой набор шести параметров пространственного положения опорных точек (X, Y, Z) и шести параметров угловой ориентации в фотограмметрии называется элементами внешнего ориентирования. В результате этого происходит горизонтирование и масштабирование местности, полого насаждения. Практически идет ориентирование аэроснимка по опорным точкам. На дисплее компьютера даются поперечный параллакс на контрольной точке и таблица средне-квадратических ошибок планового положения опорных точек. Они составили 0,01 см по x и по y . Таким образом строится стереомодель местности и насаждения в неискаженном масштабе. И, одев анаглифические очки на глаза, мы наблюдаем на дисплее компьютера стереоскопическое изображение цифровой модели местности и изображение насаждения в требуемом масштабе в модуле программы ДТМ, TIN. В модуле программы ДТМ (3D Windows) в матрице высот строится сетка. Она может быть регулярная, нерегулярная и адаптивная. Нами использовалась нерегулярная сетка, которая накладывалась на стереоизображение рельефа, насаждения. В насаждении углы сетки размещаются на вершине стереоизображения каждого дерева и рельефа. При этом может определяться разница высот деревьев как превышение между ними в матрице высот. В результате чего получается поверхность распределения насаждения в трехмерном пространстве (3D – моделирование древостоя).

Диаметр крон деревьев, изобразившихся в крупном масштабе, можно измерять на экране дисплея в четырех или восьми направлениях. Так готовится таксационная база данных по фотопробам, изобразившимся на каждом выделе на экране дисплея. Таксационная база данных сравнивается с материалами наземных наблюдений. Поэтому интерпретация материалов аэросъемки в среде ГИС Photomod приобретает характер комплексного, интегрированного анализа данных.

Мы полагаем, что наши разработки будут востребованы лесоустроительными предприятиями при проведении плановых лесоустроительных работ для создания картографических документов и актуализации материалов лесоустройства прежних лет. Разработанные методические приемы интегрированного анализа дистанционных данных, картографической и другой тематической информации, данных наземных обследований могут использоваться также для организации мониторинга и специальных обследований состояния лесов. Структура, объемные показатели древостоев и их фитомасса определяются по стереоскопическим изображениям, интегрированным с цифровыми эпиполярными трансформированными ортофотоснимками на основе цифровой модели местности (ЦММ), при этом объ-

емные и весовые показатели древостоев с достаточно высокой точностью аппроксимируются аллометрическими функциями через их морфоструктурные признаки – горизонтальную и вертикальную протяженность крон, диаметры стволов и высоту. Метод позволяет выполнять дистанционную оценку состояния и динамики лесных ресурсов с высокой эффективностью, при минимуме наземных работ и значительной экономии времени и финансовых средств.

Информационная система Photomod, сформированная на природной основе, преобразует лесоустройство в механизм слежения за состоянием лесного фонда. Информационная система включает:

- банк данных опорных точек в системе координат Гаусса-Крюгера;
- модель древостоя в координатах X, Y, Z.

С использованием цифровой фототриангуляции производится блочная аналитическая фототриангуляция по способу связок, где происходит уравнивание маршрутов, уточнение аэросъемочных данных по наземным реперным точкам. Все виды данных могут быть представлены в произвольном масштабе и проекции (план, профиль, изометрия). При работе в программной среде оператор имеет возможность выполнять все виды геометрических построений как в плановом, так и профильном окне Windows. Плановое положение в геодезических координатах создает возможность для камерального дешифрирования и выделения выделов. Измерениям могут подвергаться векторные объекты, TIN, а также ортофотоснимки (плановые измерения). Программа поддерживает ручные измерения высот деревьев и автоматические измерения. Измерение высот в древостое производится на основе глазомерно-стереоскопического способа определения высоты древостоя по формуле

$$mv = H/bcн \cdot 5,4,$$

где H – высота фотографирования;

bcн – базис снимка;

тогда

$$h = mvn,$$

где n – количество мм в стереомодели древостоя;

mv – вертикальный масштаб стереомодели;

или по формуле

$$h = H/bcн \Delta p,$$

где H – высота фотографирования;

bcн – базис снимка;

Δp – разность параллаксов.